# บทที่ 3

# การทดลอง

## 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 กล้องจุลทรรศน์แบบ Differential Interference Contrast (DIC) ของบริษัท Nikon ประเทศญี่ปุ่น รุ่น UFX-II (รูปที่ 3.1)

3.1.2 เครื่องวัด Brabender-Visco Amylograph ของบริษัท Brabender - OHG Duisburg ประเทศเยอรมัน Type 800401, 700 cmg cartridge (รูปที่ 3.2)

3.1.3 เครื่องทำปฏิกิริยาการ cross-linking (reactor) ประกอบด้วยภาชนะแก้วรูปทรงกระบอกขนาดความจุ 2,500 ซีซี และเครื่องกวน (stirrer) ที่สามารถปรับความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 0-10,000 rpm อยู่ภายใน วางอยู่ในอ่างน้ำ (water bath) ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 30-100 $^{\circ}$ซ ในงานวิจัยนี้กำหนดความเร็วรอบประมาณ 170-200 rpm (39)

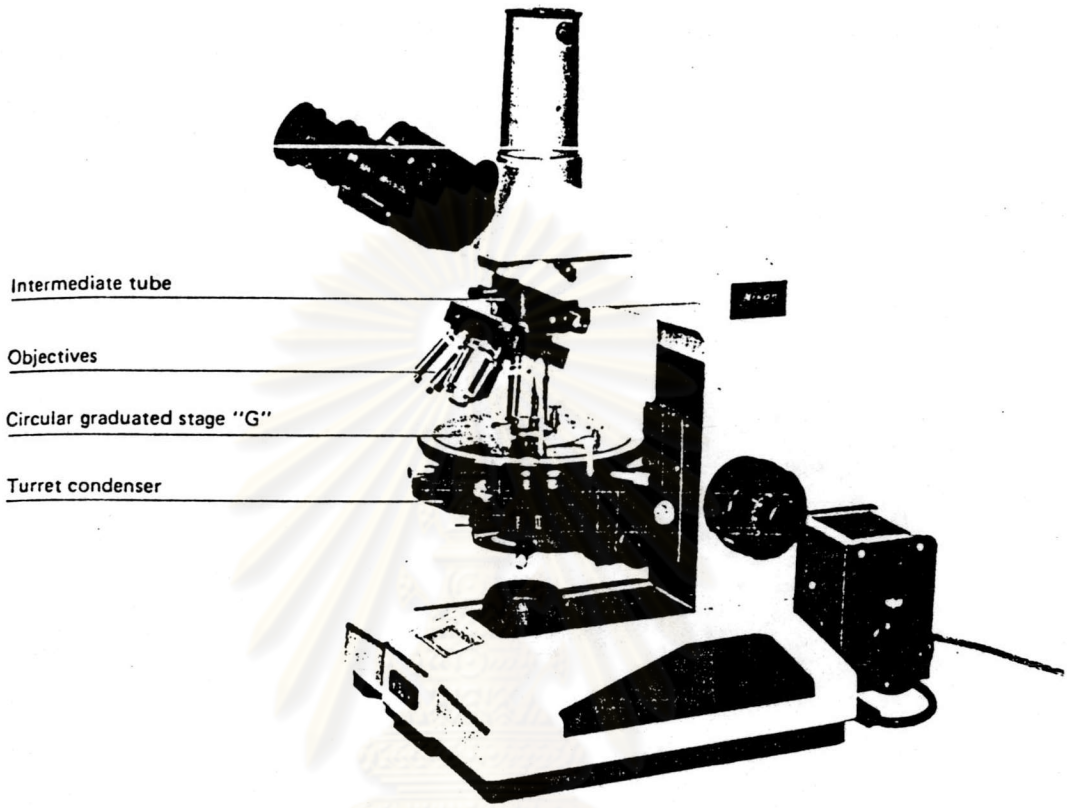
3.1.4 เครื่องวัด Brookfield viscometer ของบริษัท Brookfield Engineering Laboratories ประเทศสหรัฐอเมริกา รุ่น RVT

3.1.5 เครื่องกรอง ประกอบด้วย Buchner funnel ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11 ซม. ที่มีกระดาษกรอง Whatmann เบอร์ 4 อยู่ภายใน และวางอยู่บน Buchner flask ขนาด 1,000 ซีซี ซึ่งมีท่อพลาสติกต่อกับเครื่องดูดอากาศ (vacuum pump)

3.1.6 เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) สามารถปรับอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0-200 $^{\circ}$ซ (รูปที่ 3.3)

3.1.7 เครื่องบด (pin mill) ที่มีตระแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม. อยู่ภายใน (รูปที่ 3.4)

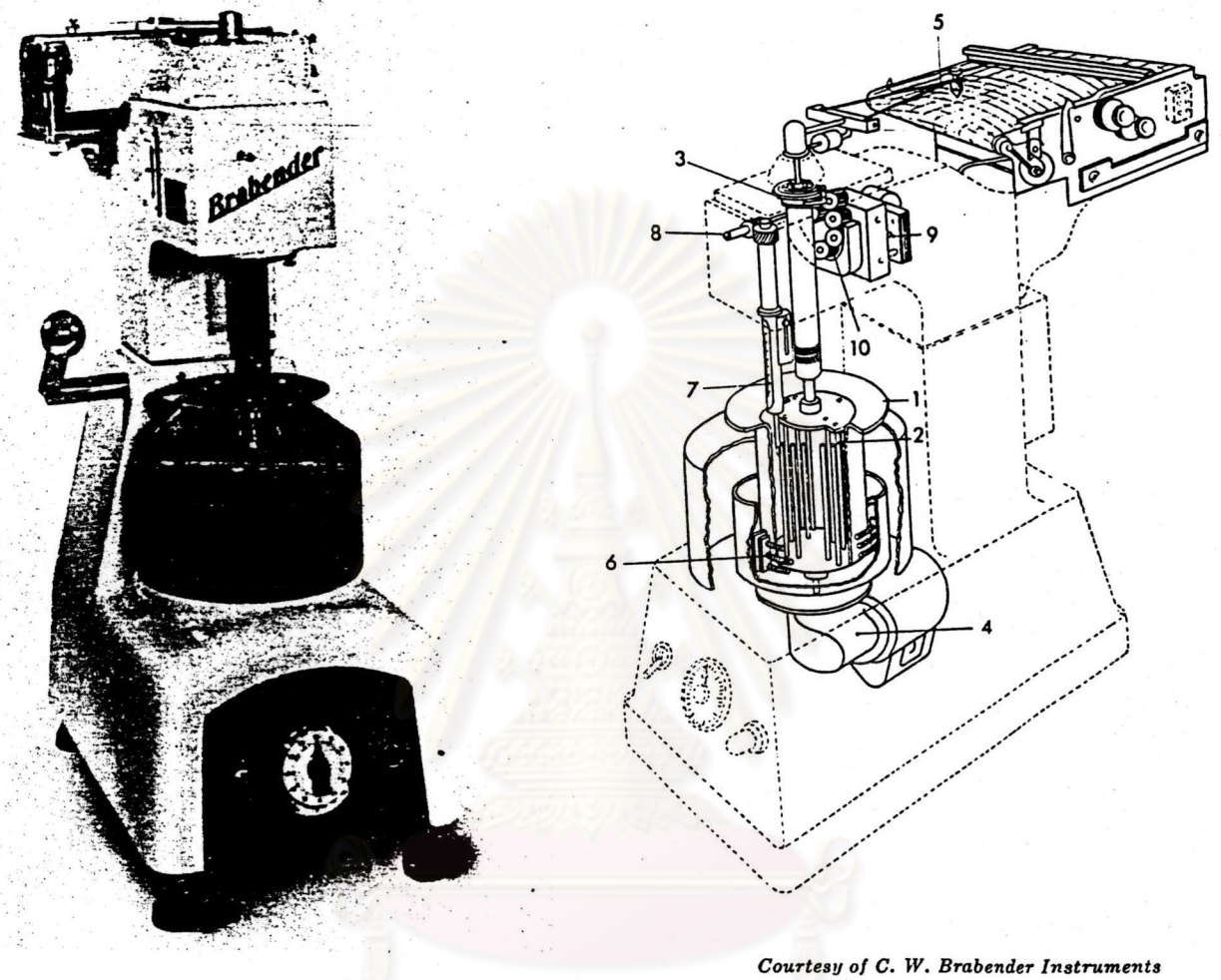
3.1.8 Double Beam Spectrophotometer ของบริษัท Hitachi ประเทศญี่ปุ่น รุ่น 100-150 สามารถปรับความยาวคลื่นได้ตั้งแต่ 195-850 นาโนเมตร




DIFFERENTIAL INTERFERENCE CONTRAST "NT"
mounted on the OPTIPHOT microscope stand

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.1 กล้องจุลทรรศน์แบบ DIC

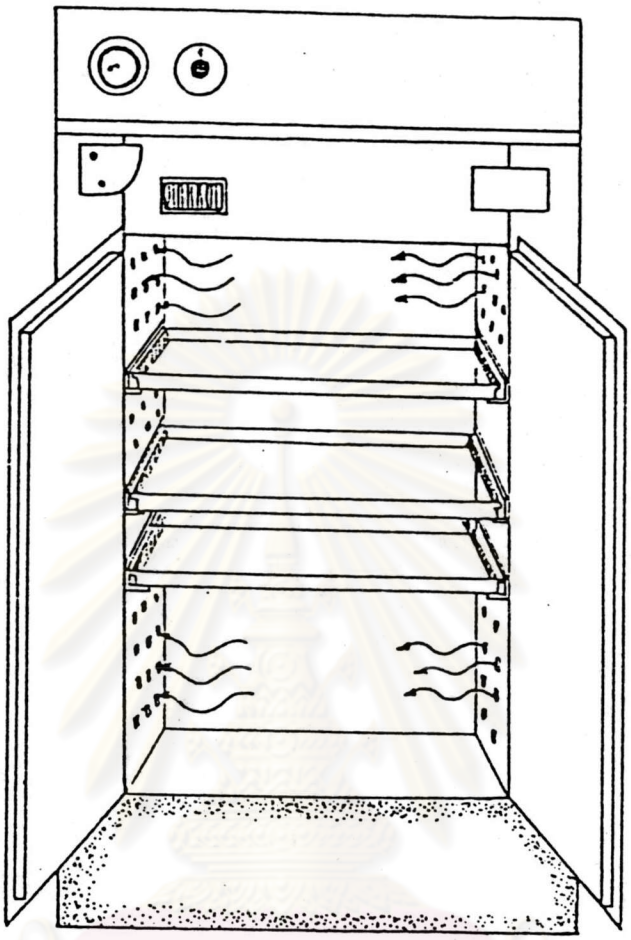



*Courtesy of C. W. Brabender Instruments*

PICTURE AND SCHEMATIC OF THE AMYLOGRAPH
1—Rotating bowl. 2—Suspended feeler. 3—Balance system. 4—Support. 5—Motor-driven chart paper. 6—Heating elements. 7—Contact thermometer. 8—Temperature adjustment. 9—Synchronous motor. 10—Gear unit.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

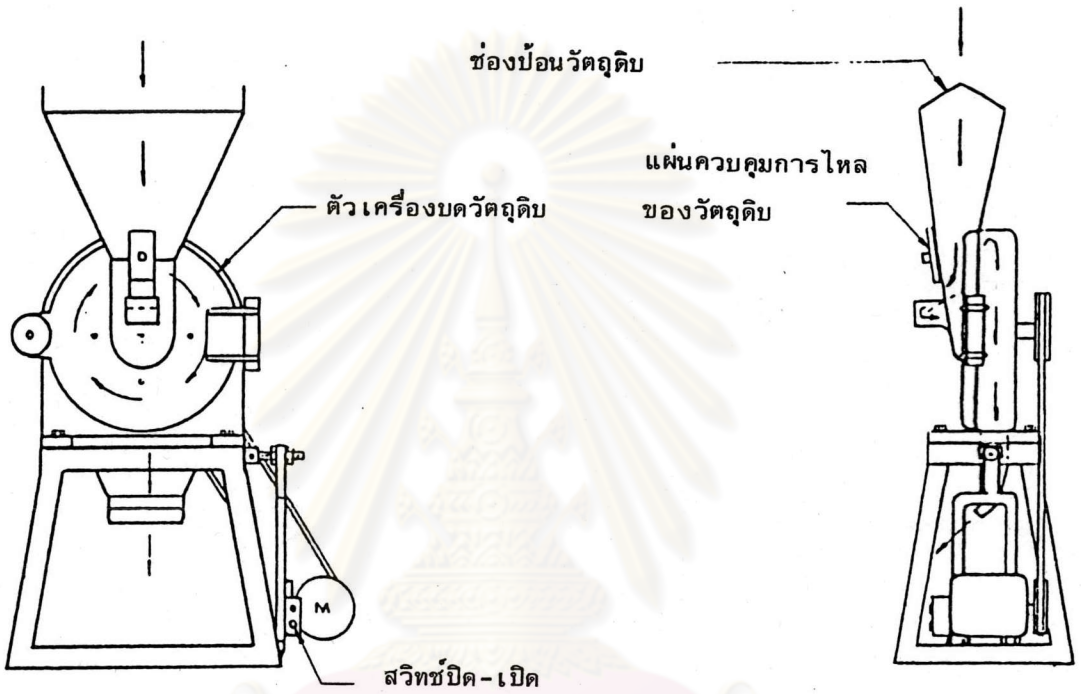
รูปที่ 3.2 เครื่องวัด Brabender-Visco Amylograph



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.3 เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 3.4 เครื่องบด (pin mill)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.9 เครื่องเหวี่ยง (centrifuge) ของบริษัท Damon ประเทศสหรัฐอเมริกา รุ่น IEC B-20A

3.2 ศึกษาสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง

3.2.1 คัดเลือกแป้งมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตภายในประเทศ

นำเม็ดแป้งมันสำปะหลังที่ยังคงลักษณะ birefringence จากภาพถ่ายโดยใช้อุปกรณ์ Differential Interference Contrast (DIC) ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างแสดงในภาคผนวก ก.1 และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ (45) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design) และทำการทดลองซ้ำ 13 ครั้ง เลือกแป้งมันสำปะหลังจากโรงงานที่มีปริมาณเม็ดแป้งแตกน้อยที่สุด เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

3.2.2 วัดความหนืดของแป้งมันสำปะหลังระหว่าง heating-cooling cycle

วัดอุณหภูมิแป้งสุก (pasting temperature) ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ความหนืดที่อุณหภูมิ 95°ซ ความหนืดที่ 95°ซ นาน 30 นาที ความหนืดเมื่อเย็นลงถึง 50°ซ และความหนืดที่ 50°ซ นาน 30 นาที โดยใช้เครื่อง Brabender-Visco Amylograph และความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 5 (น้ำหนักแป้งแห้ง 5 กรัม ในน้ำ 100 - มิลลิลิตร) รายละเอียดการวัดค่าต่าง ๆ แสดงในภาคผนวก ก.2

3.2.3 ตรวจสอบองค์ประกอบต่าง ๆ ของแป้งมันสำปะหลัง

นำแป้งมันสำปะหลังมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

3.2.3.1 ความชื้น ตามวิธีวิเคราะห์ของ A.O.A.C. 1980-14.004 รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.3

3.2.3.2 โปรตีน ตามวิธีวิเคราะห์ของ A.O.A.C. 1980-2.062 รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.4

3.2.3.3 เถ้า ตามวิธีวิเคราะห์ของ A.O.A.C. 1980-14.006 รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.5

3.2.3.4 ปริมาณแป้ง รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.3.5 ปริมาณอะไมโลส นำตัวอย่างแป้งไปอบให้แห้งก่อนทำการวิเคราะห์ รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.7

3.3 ศึกษาการทำ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลังด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต

3.3.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิและ pH ที่มีต่อปฏิกิริยาการ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลัง

นำแป้งมันสำปะหลังมาทำการ cross-linking ตามขั้นตอนในรูปที่ 3.5 โดยแปรอุณหภูมิของปฏิกิริยาเป็น 2 ระดับคือ 45 ± 2.0 และ 50 ± 2.0 $^{o}$ซ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ Kerr และ Cleveland ได้ทำการศึกษาการ cross-linking ของแป้งข้าวโพด (30) และต่ำกว่าอุณหภูมิที่เกิดการ gelatinization ของเม็ดแป้งมันสำปะหลัง ส่วน pH ของปฏิกิริยาแปรค่าเป็น 4 ระดับคือ 10.0, 10.5, 11.0 และ 11.5

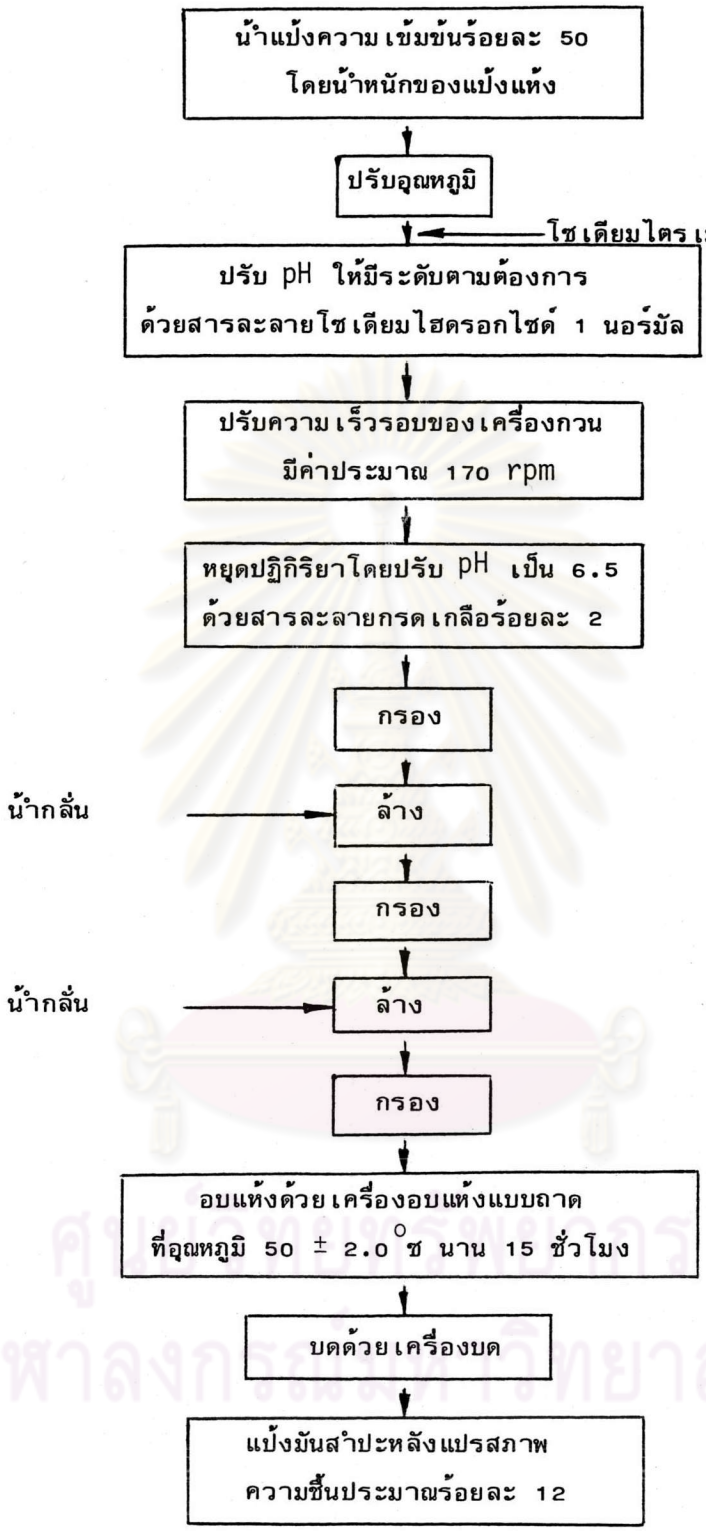
ส่วนตัวแปรอื่นกำหนดให้คงที่ คือ ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต (commercial grade ความบริสุทธิ์ร้อยละ 67) ร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักแป้งแห้ง และเวลาของปฏิกิริยาการ cross-linking 1 ชั่วโมง

วัดความหนืดที่อุณหภูมิ 95 $^{o}$ซ ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพด้วยเครื่องวัด Brabender-Visco Amylograph รายละเอียดการวัดความหนืดแสดงในภาคผนวก ก.2 และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลกลุ่มสุ่ม 2×4 (2×4 factorial with complete block design) และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

3.3.2 ศึกษาผลของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต และเวลาของปฏิกิริยาที่มีต่อระดับการ cross-linking

นำแป้งมันสำปะหลังมาทำการ cross-linking ตามขั้นตอนในรูปที่ 3.5 โดยแปรปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตเป็น 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0.04, 0.1, 0.3, 1.0 และ 2.0 ของน้ำหนักแป้งแห้ง ส่วนเวลาของปฏิกิริยาแปรค่าเป็น 5 ระดับเช่นกันคือ 2, 4, 8, 16 และ 32 ชั่วโมง

ส่วนตัวแปรอื่นกำหนดให้คงที่ (ได้จากผลการศึกษาในข้อ 3.3.1) คือ อุณหภูมิของ -




รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทำ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลัง

ปฏิกิริยา 45 ± 2.0°ซ และ pH ของปฏิกิริยามีค่าเป็น 10.0

วัดเสถียรภาพของความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพระหว่าง heating cycle ซึ่งมีค่าเท่ากับ ผลต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุด และความหนืดที่อุณหภูมิ 95°ซ นาน 30 นาที ด้วยเครื่องวัด Brabender-Visco Amylograph และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลกลุ่มสุ่ม $5^2$ ($5^2$ factorial with complete block design ) และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

จากผลการทดลองในข้อ 3.3.2 ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับที่ทำการศึกษาไม่สามารถทำให้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพมีระดับการ cross-linking ที่ทำให้ paste จากแป้งมีความหนืดสูงสุด และมีเสถียรภาพของความหนืดเพิ่มขึ้นหรือไม่มีการลดลงของความหนืดระหว่าง heating cycle จึงต้องทำการศึกษาปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตที่เหมาะสมที่ทำให้ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพมีระดับการ cross-linkingที่ต้องการ

3.3.3 <u>ศึกษาปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตที่ทำให้ paste จากแป้งมีความหนืดสูงสุดโดยไม่มีการลดลงของความหนืดระหว่าง heating cycle</u>

นำแป้งมันสำปะหลังมาทำการ cross-linkingตามขั้นตอนในรูปที่ 3.5 โดยแปรปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตเป็น 4 ระดับ คือร้อยละ 1.2, 1.4, 1.6 และ 1.8 ของน้ำหนักแป้งแห้ง เนื่องจากปริมาณการใช้ร้อยละ 1.0 ทำให้ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพมีเสถียรภาพของความหนืดลดลงระหว่าง heating cycle ส่วนปริมาณการใช้ร้อยละ 2.0 สามารถทำให้ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ มีเสถียรภาพของความหนืดเพิ่มขึ้นแต่มีความหนืดต่ำเนื่องจากระดับการ cross-linkingสูงเกินไป

ส่วนตัวแปรอื่นกำหนดให้คงที่ (ได้จากผลการศึกษาในข้อ 3.3.1 และ 3.3.2) คืออุณหภูมิของปฏิกิริยา 45 ± 2.0°ซ pH ของปฏิกิริยามีค่าเป็น 10.0 และเวลาของปฏิกิริยา 16 ชั่วโมง

วัดเสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพด้วยเครื่องวัด Brabender-Visco Amylograph และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

3.4 การนำแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

นำแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพไปใช้เป็นสารทำให้เกิดความคงตัวในซ๊อสมะเขือเทศ และทดแทนบางส่วนของแป้งถั่วเขียวในการผลิตวุ้นเส้น โดยได้ศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking เหมาะสมในผลิตภัณฑ์อาหารดังกล่าว

3.4.1 ศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ

เลือกแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ต่าง ๆ กัน 3 ระดับ เพื่อศึกษาผลของระดับการ cross-linking ที่มีต่อสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 0.3, 1.4 และ 2.0 ซึ่งได้จากผลการศึกษาในข้อ 3.3.2 และ 3.3.3 มาศึกษาสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

3.4.1.1 ปริมาณฟอสเฟตตกค้างในแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ

นำตัวอย่างแป้งมาหาปริมาณความชื้นก่อนทำการวิเคราะห์ และคำนวณน้ำหนักแป้งที่จะทำการวิเคราะห์ให้มีน้ำหนักแห้ง 1 กรัม รายละเอียดการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสแสดงในภาคผนวก ก.8 และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

3.4.1.2 ความหนืดที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาที ของ paste ที่ระดับ pH ต่าง ๆ

นำแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพผสมสารละลายบัฟเฟอร์ที่มี pH 3.0, 3.5, 4.0 และ 5.0 (ขั้นตอนการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์แสดงในภาคผนวก ก.9) ทั้งนี้เพราะสภาวะในการผลิตซ๊อสมะเขือเทศมีความเป็นกรดสูง คือ pH ประมาณ 3.0-4.0 โดยใช้ความเข้มข้นของแป้งร้อยละ 5 (น้ำหนักแป้งแห้ง 5 กรัมในสารละลายบัฟเฟอร์ 100 มิลลิลิตร) วัดความหนืดที่ 50°ซ นาน 30 นาที ของ paste ด้วยเครื่องวัด Brabender-Visco Amylograph เปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ได้แปรสภาพ และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลกลุ่มสุ่ม $4^2$ และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17202243

3.4.1.3 ความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้ง

นำแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพมาหาปริมาณความชื้นก่อนทำการวิเคราะห์ และคำนวณน้ำหนักแป้งที่จะนำมาวิเคราะห์ให้มีน้ำหนักแห้งประมาณ 1 กรัม ศึกษาความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้งเปรียบเทียบกับแป้งถั่วเขียวและแป้งมันสำปะหลัง รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.10

3.4.1.4 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของ paste จากแป้งระหว่าง heating-cooling cycle

วัดความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพโดยเครื่องวัด Brabender-Visco Amylograph โดยแปรความเข้มข้นของน้ำแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพเป็นร้อยละ 5 และ 8 โดยน้ำหนักของแป้งแห้ง เปรียบเทียบกับแป้งถั่วเขียว ทั้งนี้เพราะแป้งถั่วเขียวแสดงลักษณะกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดเป็น 2 แบบ ขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำแป้งที่ใช้ คือ ความเข้มข้นร้อยละ 4-7 ให้ลักษณะรูปแบบความหนืดแบบซี และร้อยละ 8 แสดงลักษณะแบบบี

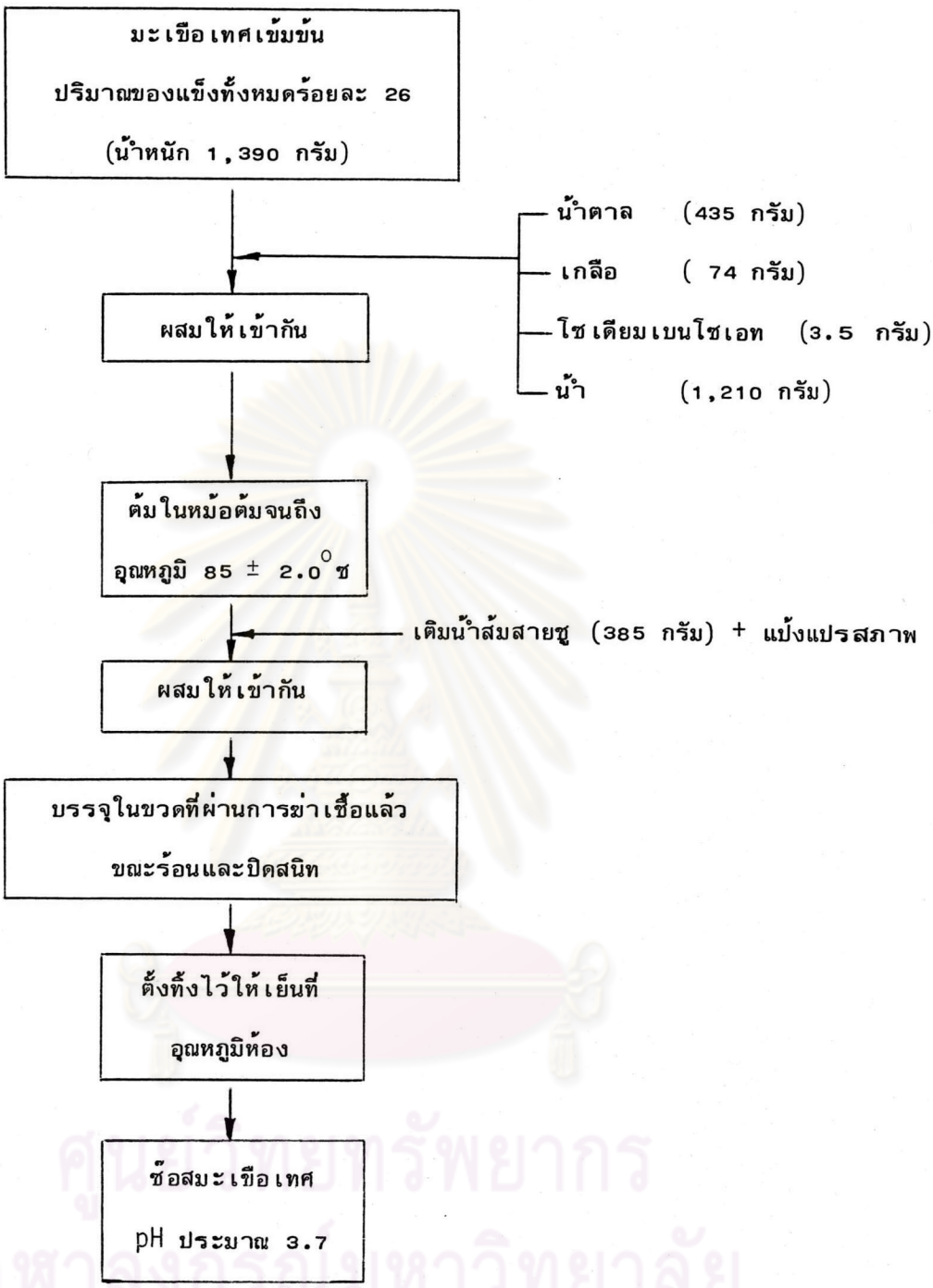
3.4.2 การนำแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพไปใช้เป็นสารทำให้เกิดความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซ๊อสมะเขือเทศ

3.4.2.1 ศึกษาผลของระดับการ cross-linking และปริมาณของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพต่อคุณภาพของซ๊อสมะเขือเทศ

เลือกตัวอย่างแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ให้ความหนืดที่ 50 $^{o}$ซ นาน 30 นาที มีค่าสูงสุด จากข้อ 3.4.1.2 2 ตัวอย่าง คือแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ซึ่งใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 1.4 และ 2.0 มาใช้เป็นสารทำให้เกิดความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซ๊อสมะเขือเทศ ตามขั้นตอนการผลิตในรูปที่ 3.6 โดยแปรปริมาณของแป้งที่ใช้เป็น 2 ระดับคือร้อยละ 1 และ 3 ของน้ำหนักซ๊อสทั้งหมด นำซ๊อสมะเขือเทศมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับซ๊อสมะเขือเทศมาตรฐานซึ่งมีขั้นตอนการผลิตเช่นเดียวกัน แต่ไม่มีการเติมแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพลงไป ดังนี้

3.4.2.1.1 ความหนืด

นำตัวอย่างซ๊อสมะเขือเทศมาวัดความหนืดโดยเครื่องวัด Brookfield viscometer โดยกำหนด spindle ที่ใช้เบอร์ 5 ความเร็วรอบ




รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการผลิตซ๊อสมะเขือเทศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

20 rpm และอุณหภูมิของตัวอย่าง 25 ± 2.0 °ซ รายละเอียดการวัดความหนืดแสดงในภาคผนวก ก.11 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

3.4.2.1.2 ประเมินการแยกชั้น ความข้น และลักษณะเนื้อสัมผัส

นำตัวอย่างซ๊อสมะเขือเทศทั้งหมดเทใส่ในภาชนะพลาสติกสีขาวที่เตรียมไว้ เพื่อให้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 16 คนทำการชิม และประเมินคุณภาพของตัวอย่างโดยการให้คะแนน ดังนี้

การแยกชั้น

| | | |
|---|---|---|
| เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีการแยกชั้น | 2 | คะแนน |
| มีการแยกชั้นของเนื้อซ๊อสมะเขือเทศเล็กน้อย | 1 | คะแนน |
| ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มีน้ำแยกชั้นออกมาอย่างชัดเจน | 0 | คะแนน |

ความข้น

| | | |
|---|---|---|
| ข้นมากเกินไปและเหนียวหนืด | 5 | คะแนน |
| ข้นมากไปเล็กน้อย | 4 | คะแนน |
| ข้นพอเหมาะ | 3 | คะแนน |
| เหลวไปเล็กน้อย | 2 | คะแนน |
| เหลวมากเกินไป | 1 | คะแนน |

ลักษณะเนื้อสัมผัส

| | | |
|---|---|---|
| มีลักษณะเนื้อสัมผัสเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน | 2 | คะแนน |
| มีลักษณะเนื้อสัมผัสสากลิ้นเล็กน้อย | 1 | คะแนน |
| มีลักษณะเนื้อสัมผัสสากลิ้นมาก ไม่เป็นที่ยอมรับ | 0 | คะแนน |

รายละเอียดการทดสอบแสดงในแบบสอบถาม ข.1 (ภาคผนวก ข.) และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

การแยกชั้น ความข้น และลักษณะเนื้อสัมผัสนี้มีความสำคัญต่อการประเมินคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้เป็นสารทำให้เกิดความคงตัวในซ๊อสมะเขือเทศเท่าเทียมกัน ทั้งนี้เพราะแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking และปริมาณการใช้ในระดับที่เหมาะสมควรให้สมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี ไม่ทำให้เกิดการแยกชั้นของซ๊อสมะเขือเทศ paste จากแป้งมีความหนืดพอเหมาะที่ทำให้ซ๊อสมะเขือเทศมีลักษณะข้นพอดี ไม่เหลวหรือข้นมากเกินไป และมี

ลักษณะเนื้อสัมผัสเนียนไม่ปรากฏเป็นเม็ดแป้งเหลืออยู่ ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดลักษณะสากลิ้นขึ้น ดังนั้นในการประเมินผลการใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพเป็นสารทำให้เกิดความคงตัวในซ๊อสมะเขือเทศ จึงเลือกตัวอย่างซ๊อสมะเขือเทศที่มีผลรวมของการแยกชั้น ความข้น และลักษณะเนื้อสัมผัสเหมาะสมที่สุด และนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

3.4.2.2 <u>ศึกษาอายุการเก็บของซ๊อสมะเขือเทศ</u>

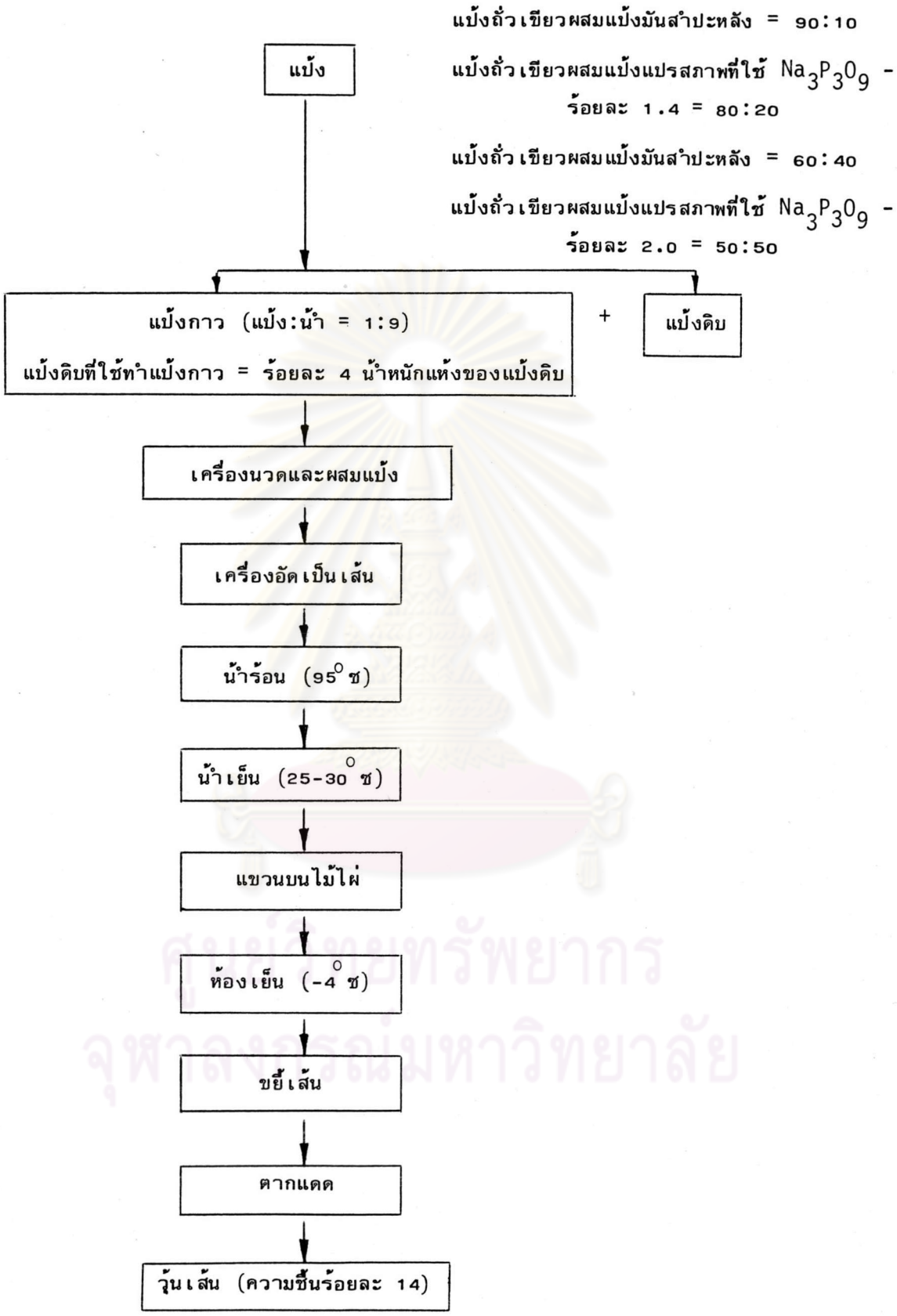
นำตัวอย่างซ๊อสมะเขือเทศที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพเป็นสารทำให้เกิดความคงตัวที่ทำให้ซ๊อสมะเขือเทศมีคุณภาพดีที่สุดในข้อ 3.4.2.1 มาศึกษาคุณภาพระหว่างการเก็บ โดยทำการเก็บแบบเร่งในตู้เก็บที่อุณหภูมิ 37.8 $\pm$ 2 $^{\circ}$ซ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ซึ่งให้ผลเท่ากับการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน (33) สำหรับภาชนะบรรจุเลือกใช้ขวดแก้วปากแคบขนาด 250 ซีซี เพราะมีลักษณะใกล้เคียงกับขวดบรรจุซ๊อสมะเขือเทศในท้องตลาด

การติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของซ๊อสมะเขือเทศระหว่างการเก็บ จะตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับในข้อ 3.4.2.1 เมื่อเริ่มเก็บและทุก ๆ ระยะ 1 เดือน และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

3.4.3 <u>การนำแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพไปทดแทนบางส่วนของแป้งถั่วเขียวในการผลิตวุ้นเส้น</u>

เลือกตัวอย่างแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่เม็ดแป้งมีความสามารถในการพองตัว และลักษณะกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดระหว่าง heating-cooling cycle ใกล้เคียงกับของแป้งถั่วเขียวมากที่สุด จากข้อ 3.4.1.3 และ 3.4.1.4 2 ตัวอย่าง ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ซึ่งใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต ร้อยละ 1.4 และ 2.0 มาทดแทนบางส่วนของแป้งถั่วเขียวในการผลิตวุ้นเส้น ดังขั้นตอนการผลิตในรูปที่ 3.7 การที่เลือกแป้ง 2 ตัวอย่างมาทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลของระดับการ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีต่อคุณภาพของวุ้นเส้น

ในการประเมินคุณภาพของวุ้นเส้นได้ทำการเปรียบเทียบคุณภาพกับวุ้นเส้นของบริษัทไทยวา จำกัด ซึ่งทำการผลิตวุ้นเส้นในระดับอุตสาหกรรม แบ่งเป็น 2 เกรด คือ เกรดเอ เป็น




รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการผลิตวุ้นเส้น

วุ้นเส้นที่มีคุณภาพดีทำจากแป้งถั่วเขียวผสมแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 90 : 10 และเกรดบี เป็นวุ้นเส้นคุณภาพรองลงมาทำจากแป้งถั่วเขียวผสมแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 60 : 40 ดังนั้นจึงเลือกการใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ซึ่งใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 1.4 ซึ่งมีสมบัติใกล้เคียงกับของแป้งถั่วเขียวน้อยกว่า ทดแทนแป้งถั่วเขียวเป็นปริมาณเล็กน้อยในการผลิตวุ้นเส้น คือในอัตราส่วนคิดเป็นน้ำหนักแป้งแห้งของแป้งถั่วเขียวผสมแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 1.4 เท่ากับ 80 : 20 และเปรียบเทียบคุณภาพของวุ้นเส้นที่ได้กับวุ้นเส้นเกรดเอ ส่วนแป้งมัน-สำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ซึ่งใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 2.0 มีสมบัติทั้งความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้ง และลักษณะกราฟของความหนืดใกล้เคียงกับของแป้งถั่วเขียวมากที่สุด จะใช้ทดแทนแป้งถั่วเขียวในอัตราส่วนคิดเป็นน้ำหนักแป้ง-แห้งของแป้งถั่วเขียวผสมแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 2.0 เท่ากับ 50 : 50 และเปรียบเทียบคุณภาพของวุ้นเส้นที่ได้กับวุ้นเส้นเกรดบี

นำวุ้นเส้นที่ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสดังนี้

3.4.3.1 <u>ขนาดเส้น</u>

สุ่มตัวอย่างวุ้นเส้นที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 250 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 3 เส้น นำมาวัดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นละ 5 จุด ด้วยเครื่องวัดเวอร์เนียร์ แล้วหาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

3.4.3.2 <u>การคืนตัวและปริมาณน้ำในวุ้นเส้น</u>

นำตัวอย่างวุ้นเส้นประมาณ 3 กรัม มาศึกษาการคืนตัว และปริมาณน้ำในวุ้นเส้น โดยนำไปลวกในน้ำเดือดเป็นเวลานาน 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 และ 15 นาที รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.12 และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลกลุ่มสุ่ม 4 × 8 และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

3.4.3.3 <u>ปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไประหว่างการหุงต้ม</u>

นำตัวอย่างวุ้นเส้นมาหาปริมาณความชื้นก่อนทำการวิเคราะห์ และคำนวณน้ำหนักแป้งแห้งที่จะนำมาวิเคราะห์ให้มีน้ำหนักแห้งประมาณ 3 กรัม ศึกษาปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไประหว่างการหุงต้ม เมื่อนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลานาน 1, 3, 5, 7, 9, 11,

13 และ 15 นาที รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.13 และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลกลุ่มสุ่ม 4 × 8 และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

3.4.3.4 ประเมินลักษณะเส้น และสีของวุ้นเส้น

นำตัวอย่างวุ้นเส้นแห้งมาตัดให้เส้นยาวประมาณ 5 นิ้ว แช่ในน้ำเย็น (อุณหภูมิห้อง) นาน 3 นาที แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นจึงเทใส่กระชอนนำไปเขย่าในน้ำเย็น (อุณหภูมิห้อง) ทิ้งไว้จนสะเด็ดน้ำประมาณ 2 นาที และนำไปใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้เพื่อให้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 10 คนทำการชิม และประเมินคุณภาพของตัวอย่างโดยการให้คะแนนดังนี้

ลักษณะเส้น

| | | |
|---|---|---|
| เส้นเหนียวมีความยืดหยุ่นดีมาก และไม่เกาะติดกัน | 4 | คะแนน |
| เส้นเหนียวมีความยืดหยุ่นดี และมีการเกาะติดกันระหว่างเส้นบ้าง | 3 | คะแนน |
| เส้นเหนียวมีความยืดหยุ่นพอใช้ และมีการเกาะติดกันระหว่างเส้นมาก | 2 | คะแนน |
| เส้นไม่เหนียว และเปื่อยยุ่ย | 1 | คะแนน |

สี

| | | |
|---|---|---|
| ใส เป็นเงามันสม่ำเสมอ | 4 | คะแนน |
| ใสสม่ำเสมอ แต่ไม่เป็นเงามัน | 3 | คะแนน |
| ขุ่น และไม่เป็นเงามัน | 2 | คะแนน |
| ขุ่นมีสีคล้ำ และไม่เป็นเงามัน | 1 | คะแนน |

รายละเอียดการทดสอบแสดงในแบบสอบถาม ข.2 (ภาคผนวก ข.) และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย